

ÜBERLEBENSSTRATEGIE

Unsere Sumpf- und Röhrichtpflanzen bilden die Grundlagen faszinierender, artenreicher Biotope. Künstlich angelegte, überflutete Reisfelder gehören zu den produktivsten Pflanzenkulturen überhaupt. Landpflanzen hingegen ertragen selten eine langfristige Überflutung ihrer Wurzeln. Sie leiden bald unter Stress. Welche Strategien entwickeln Pflanzen also, um Nassstandorte zu besiedeln?

Nach heutigen Schätzungen sind nicht weniger als zwei Drittel der Erdoberfläche zeitweilig oder dauernd überflutet. Periodische Überflutung grossen Ausmasses kennen wir von Gebieten mit ausgeprägten Regenzeiten oder mit starker Schneeschmelze. Bei uns ist der Frühling oft regenreich; Staunässe in unseren Kulturen und Ernteeinbussen sind die Folge. Permanent überflutete Böden können nur noch von spezialisierten Pflanzen besiedelt werden. Uns allen gegenwärtig sind die tropischen und subtropischen Mangroven- und Sumpfpflanzenwälder, aber auch unsere einheimischen Sumpf-, Röhricht- und Wasserpflanzen. Und natürlich die Reiskulturen, die der Mehrheit der Menschen das Leben erst ermöglichen.

Überflutete Böden sind anders

Überflutete Böden sind sauerstoffarm oder gar sauerstofffrei. Beim Eindringen von Wasser wird die Luft aus den Porenräumen verdrängt. Restlicher Sauerstoff wird zudem durch chemische Reaktionen und durch die Aktivität von Mikroorganismen verbraucht. In diesen komplexen Abläufen werden auch wichtige Pflanzennährstoffe zu Pflanzengiften umgewandelt. Die Böden enthalten jetzt Ammonium, lösliche Schwermetallionen und Schwefelwasserstoff.

Landpflanzen sind gestresst

Es erstaunt also nicht, dass Landpflanzen mit überfluteten Wurzeln schon nach kurzer Zeit welken, abnormale Krümmungen und eine mangelhafte Blühwilligkeit aufweisen. Die mittelfristigen Folgen sind missgebildete Pflanzen und Reduktion der Biomasse durch Kümmerwuchs. Verfrühtes Absterben bildet den Abschluss dieser fehlgeleiteten Entwicklung. Das empfindlichste Organ ist erwar-

tungsgemäss die Wurzel. Der Sauerstoffmangel blockiert die Zellteilungen in der Wurzelspitze. Sie stirbt bald ab. In günstigen Fällen reicht die Zeit aus, um das primäre Wurzelsystem durch ein sekundäres Wurzelsystem oberhalb der Wasserlinie zu ersetzen. Ausserdem besitzen diese



Sumpfpfropfen mit Atemwurzeln.
(Photo R. M. M. Crawford)

neuen Wurzeln lockere Gewebe, die die interne Sauerstoffversorgung verbessern. Diese Reaktion kann bereits als Anpassung gedeutet werden und ist bei vielen Baumarten und bei Pflanzen in Hydrokulturen realisiert. Dennoch sind sie in ihrer Entwicklung oft nachhaltig geschädigt.

Aprikosen- und Pfirsichbäume sterben oft nach wenigen Tagen Staunässe ab. Sie enthalten in ihren Wurzeln gebundenes Cyanid, welches durch den Stress freigesetzt wird und den Stoffwechsel vergiftet. Extrem flutempfindlich sind auch Saatkartoffeln. Sie werden deshalb stets vom Wasserüberschuss geschützt, in kleinen Erdwällen kultiviert. Neuerdings stehen unseren Landwirten Maissorten zur Verfügung, deren Entwicklung knapp in unsere Vegetationsperiode hineinpasst, wenn nicht regenreiche Frühlinge mit Staunässe Keimung und Entwicklung unterbinden. Die Folgen sind verheerend; geringste Niveauunterschiede entscheiden oft über Ernte oder Ernteausschlag. Die besser an unsere Verhältnisse angepasste Gerste ist da viel erfolgreicher. Die

Staunässe im Maisfeld. Hintergrund rechts: Gerste.



Ursache liegt darin, dass gequellte Gerstenkörner bei niedrigeren Sauerstoffkonzentrationen keimen als Maiskörner. Die Frage ist also: Was «können» überflutungsresistente Pflanzen besser, um im Wasser überleben zu können? Gelingt es uns, dies genau zu erforschen, so könnte die Überflutungsresistenz von Landpflanzen verbessert werden.

Sumpf- und Röhrichtpflanzen sind angepasst

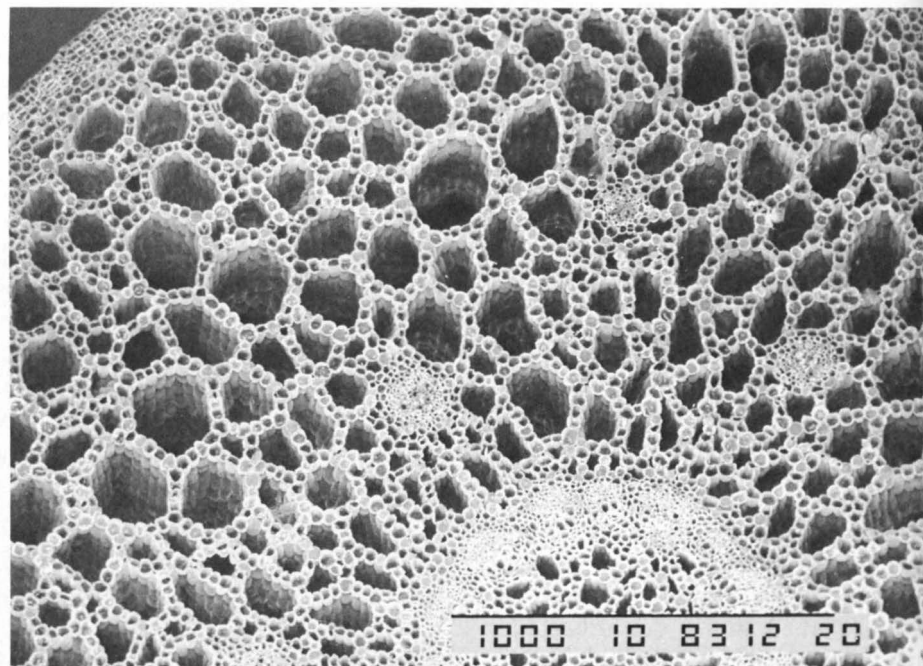
Die höheren Sumpf-, Röhricht- und Wasserpflanzen stammen allesamt von Landformen ab. Die Wiederbesiedelung des aquatischen Raumes hat vermutlich vor 150 Mio. Jahren eingesetzt und dauert auch heute noch an. Alle mehrjährigen Vertreter haben nun im Verlauf ihrer Evolution eine Überflutungsresistenz ausgebildet. Dabei haben sie verschiedene Anpassungsstrategien entwickelt, die hier an einer Auswahl einheimischer Sumpf- und Röhrichtpflanzen vorgestellt werden.

Viele der typischen Vertreter sind sogenannte Rhizomgeophyten. Rhizome sind unterirdische Sprossachsen, welche gleichermassen der vegetativen Vermehrung und der Reservestoffspeicherung dienen. Für die Bestandesbildung unserer Röhrichte ist die vegetative Vermehrung durch Rhizom-Ausläufer weit wichtiger als die sexuelle Vermehrung. Die Rhizome bilden in jedem Frühjahr neue, grüne Sprosse aus, die am Ende der Vegetationsperiode absterben. Meist überwintern nur Rhizome und einige Knospen. Sobald im Frühsommer die grünen Sprosse genügend erstarkt sind, werden neue Ausläuferrhizome angelegt und alte und neue Rhizome mit Reserven aufgefüllt. Die Reservestoffgehalte der Rhizome unterliegen einem charakteristischen Jahresverlauf. Bei den einheimischen Arten sind sie am Ende der Vegetationsperiode hoch. Während des Winters nehmen sie leicht ab und finden Verwendung für «luftlose» Energiegewinnungsprozesse. Im Frühjahr, während der Spross- und Wurzelbildung, werden die Reserven bis auf geringe Reste aufgebraucht. (In dieser Phase sind die Rhizome sehr empfindlich auf Halmverluste. Nach wenigen Halmverlusten bereits verlieren die Rhizome die Regenerationskapazität und sterben ab. Liegt ein Grund des Phänomens «Röhrichtsterben» in ei-



Stärkespeicherzelle aus dem Rhizom der Seebinsse. Vergrößerung 4000 x.

ner mangelhaften Energiekonservierung, verursacht durch unsere Gewässerbelastung?) Die Einlagerung grosser Energiereserven in die Rhizome ist zweifellos ein erster wichtiger Selektionsvorteil für die Besiedelung nasser Standorte. Es kommt aber mehr dazu. Blätter, Sprossachsen und Wurzeln aller Sumpf- und Röhrichtpflanzen enthalten grosse Anteile an porösen Geweben. Das hilft bei der internen Ventilation und versorgt Rhizome und Wurzeln mit Sauerstoff. Die Ausbildung dieser Durchlüftungsgewebe ist genetisch fixiert, nicht dagegen bei Landpflanzen. Vom Spross ins Rhizom werden grosse Mengen Sauerstoff eintransportiert.



Durchlüftungsgewebe im Rhizom des Fieberklees. Vergrößerung 50 x.

Welche offenen Fragen interessieren den Ökophysiologen im besonderen?

Zwei Fragestellungen leiten sich beinahe zwingend aus unseren Untersuchungen ab. Die eine steht im Zusammenhang mit dem Röhrichtsterben. Uns interessiert hier die Beziehung zwischen der anaeroben, organisch belasteten Umgebung und der Regenerationskapazität der Rhizome. Unter solchen Bedingungen sind auch die Rhizome amphibischer Pflanzen gestresst, und ihr Überleben ist fraglich. Die andere befasst sich mit der Analyse der frühen, sauerstofflosen Wachstumsprozesse. Hier versuchen wir, unsere Erkenntnisse mit Hilfe der Molekularbiologie hinab bis auf die Stufe der Genexpression zu vertiefen.

Messungen an einem Teichrosenstock zeigten, dass täglich annähernd 100 Liter Luft durch das Rhizom gepumpt werden – viel mehr, als für die Atmung benötigt wird. Rhizome und jüngere Wurzelteile können zudem Sauerstoff in die Umgebung abgeben und damit die erwähnten Giftstoffe «umwandeln» (aufoxidieren). Diese Fähigkeit der gesamten Rhizosphäre wird schon längere Zeit mit gutem Erfolg für die biologische Wasserreinigung genutzt. Die Sauerstofflieferung in die Rhizosphäre eines Schilfbestandes erreicht

etwa 4,32 g/m²-Tag, was immerhin 15 Litern Luft entspricht.

Rhizome intakter Röhrichpflanzen sind offensichtlich im allgemeinen gut mit Sauerstoff versorgt. Sie vermeiden den Stress. Sprossfreie Rhizome können den Sauerstoffmangel verkraften. Bei niedrigen Temperaturen ist der Stoffwechsel derart eingeschränkt, dass die Rhizome auf Sparflamme schalten. Bei höheren Temperaturen dagegen setzt, selbst in Abwesenheit von Sauerstoff, recht häufig ein Sprosswachstum ein. Wurzeln wachsen aber erst dann, wenn der Spross mit dem Sauerstoff des Wassers oder der Luft in Kontakt kommt. Eine ähnliche Strategie benutzt auch der keimende Reis, bei dem für die Bildung der Wurzeln das erste blattartige Gebilde mit Sauerstoff in Berührung treten muss. Andernfalls stirbt der Keimling innert Tagen ab.

Die Überlegenheit des Reises liegt einerseits darin, dass er selbst bei vollständigem Sauerstoffmangel keimen kann. Andererseits bildet er von allem Anfang an ein Durchlüftungsgewebe aus.

Eine ebenfalls raffinierte Strategie zur Kompensation ansteigender Wasserstände haben die Schwimmblattpflanzen entwickelt. Ihre Blattstiele wachsen solange, bis sie die Wasseroberfläche wieder erreichen. Das Wachstum kann mehrere Dezimeter im Tag betragen.

Das Ziel dieser Wachstumsprozesse ist ganz offensichtlich die Herstellung einer Verbindung zum molekularen Sauerstoff. Die Gewebe aller höheren Pflanzen benötigen nämlich über kurz oder lang Sauerstoff; Erbsen- und Kartoffelgewebe innert 24–48 Stunden, unsere Rhizome innert Wochen oder Monaten je nach Pflanzenart.

Das blosse Überleben und die frühen Regenerationsprozesse sichern sich die Rhizome aber auch ohne Sauerstoff. Sie mobilisieren ihre Energiereserven und sind auch fähig, lebenswichtige Stoffe (etwa Proteine, Lipide) selbst herzustellen, indem sie Gärungsenergie beiziehen. Gärende Rhizome könnten dabei mit einem Akku verglichen werden, der langsam, aber stetig aufgeladen und gleichzeitig nur wenig belastet wird: Energie- und Stoffwechsel verlaufen kontrolliert auf einem niedrigeren Niveau als in atmenden Rhizomen. Bei Landpflanzen dagegen entfällt häufig diese Feinregulierung des Stoffwechsels.

PD Dr. Roland Brändle
Pflanzenphysiologisches Institut